



4021

偉大的俄羅斯化學家 布特列洛夫

(蘇聯)A.E. 阿尔布卓夫著

中華全國科學技術普及協會出版

本書提要

偉大的俄羅斯化學家亞·米·布特列洛夫是化學結構理論的創始者，這一理論是現代化學的基礎。

書中講述了他的學生時代和初期的科學活動，他創立結構理論的過程和該理論的偉大意義，以及他的後期科學活動和社會活動。

亞歷山大·米哈依洛維奇·布特列洛夫是俄國科學界中極有名望的卓越代表之一，這些代表們的光輝活動在人類知識歷史中已永遠留下不可磨滅的痕跡。化學科學發展中的新階段和新紀元，與布特列洛夫的名字是密切聯繫着的。

布特列洛夫曾以積累的科学實驗材料和理論材料為基礎創立了有機化合物化學結構的理論，這個化學結構理論的特點就在於它的邏輯性和完整性。亞·米·布特列洛夫在他的著作裏曾深信原子是實際存在的，深信有可能瞭解分子內部的構造。

亞·米·布特列洛夫於1828年9月6日（舊曆為8月25日）生於喀山省契斯托波爾城。布特列洛夫生後11天就喪失了母親，後來由斯特雷勒柯夫（母方親戚）家扶養。布特列洛夫童年時代是在一個天然原始林環抱着的山大拉村度過的，這個村莊離他父親米哈依爾·瓦西里耶維奇·布特列洛夫的莊園不很遠。

當他8歲的時候，他被送到喀山去學習，最初在托波爾寧的私人寄宿學校裏，不久就轉入喀山第一中學。

布特列洛夫在從開始學習的時候，即還是在托波爾寧的寄

宿學校的時期，就特別愛好自然科學，曾蒐集植物及蝴蝶標本，但後來這位年輕的小博物學家對化學感到了興趣。他對化學和精彩的化學實驗的愛好，是在中學裏特別發展起來的。

1844年布特列洛夫在中學畢業，那時他是16歲。他的父親希望兒子進入喀山大學數學系，然而年青的布特列洛夫由於他在童年和少年時代對化學、植物學、動物學的迷戀，就使得他一心想學自然科學。

當布特列洛夫還不滿17歲的時候，就被錄取為哲學系第二班的学生，這個班在1850年改為物理數學系。

在大學讀書的最初幾年裏，這位年青的大學生仍然是熱愛植物學、動物學、化學和其他自然科學。布特列洛夫和他的同學們一起多次到喀山近郊或者離喀山很遠的地方去旅行。在這些旅行當中，他的經常旅伴是瓦格涅勒。以後瓦格涅勒成了喀山大學有名的動物學教授，後來又成為彼得堡大學的教授，他是一位通俗的自然科學家和作家。

1847年夏天，當布特列洛夫在吉爾吉茲草原旅行的時候，患了傷寒病，在幾乎是昏迷的狀態中，被送到西比爾斯克，他的父親也來到了此處。年青的布特列洛夫的堅強性格戰勝了病魔，可是他的父親被兒子傳染了傷寒病而去世。

布特列洛夫從嚴重的疾病和發高燒的情況下恢復以後，雖然還繼續攻讀植物學和動物學，但是不像以前那樣熱心了。布特列洛夫開始越來越致力於化學。

布特列洛夫從大學一年級就已經開始學習化學，但是，那個時候主要是一些化學現象的外觀和各種實驗吸引着這位未來的著名學者。他曾非常巧妙地製取各種各樣的結晶化合物，做

过精彩的燃燒和爆炸實驗，並且在考試結束以後，還給同班同學製造过五光十色的煙火。

當時在大学裏並沒有系統的化學實驗。但是，年青的布特列洛夫从大学一年級起所作的實驗，就引起了克拉烏斯和齊寧兩位著名的化學教授的注意。布特列洛夫並不限於在大学裏做化學實驗，而且在齊寧教授完全贊同下創辦了家庭實驗室，而在那裏製備了極其複雜的製劑，例如咖啡鹼、菰藍、氮陸圓四酮等。

後來，当布特列洛夫回憶他的先生齊寧時，曾這樣寫他自己最初上化學課的情形：

「当我是一個16歲的新生的時候，自然，就被一些化學現象的外觀所吸引，並以極大的興趣觀賞美麗的紅色的偶氮二苯薄片、黃色針狀的氧化偶氮苯的晶体和閃爍着銀灰色的聯苯胺鱗狀片。」

「我和他（就是和齊寧——原作者）一起製作了當時人人皆知的相當多的尿酸衍生物，製備了靛藍的衍生物，研究了『麒麟褐』（暗紅色的樹脂）的乾餾產物，並且得到了蘋果酸、沒食子酸、蟻酸、粘液酸、草酸等等。」

从上面所列舉到的不是全部的相當複雜的化學製劑看來，年青的一年級大学生已在做那些適合於大学化學系畢業的學生所作的有機化學實驗了。

在齊寧逝世後，布特列洛夫在科学院演講中，對這位科學家和青年們的導師、他的第一位老師異常突出的性格，曾作过如此的敘述：「齊寧的淵博的、聰敏的、出衆的智慧和待人謙遜而和藹可親的風度，到處引起專心於科學的青年們的愛慕。」

「在他的親切領導下開始真正認識了科學的一切幸福的人，像我一樣，都对已故的老師給以很高的評價，因為他曾對科學起過熱情的鼓舞作用。」

亞·米·布特列洛夫同樣以深厚的感激回想他的另外一位老師克拉烏斯。

齊寧和克拉烏斯是曾給喀山大學和俄國科學增光的有名學者。1842年，齊寧發現了芳香族硝基化合物變為胺基化合物的反應，從而奠定了苯胺染料工業的基礎。但是，苯胺染料工業之獲得發展，却並不是在落後的沙皇俄國，而是在德國。

1843年，克拉烏斯探查烏拉爾鉑礦的時候，發現了鉑族的一個未知元素，他稱這個元素為釷（拉丁文原意為俄羅斯）。

布特列洛夫大學時期的先生齊寧和克拉烏斯是傑出的化學實驗家，當時已是大學生的布特列洛夫在他們的指導下，受到了認真的化學實驗的訓練。

1849年，亞·米·布特列洛夫在大學畢業，並獲得科學學士學位，他在動物學方面的論文為「伏爾加——烏拉爾動物區系的晝間蝴蝶」。這位未來赫赫有名的化學家的學位論文的題目，現在聽起來很生疏，甚至令人難解；但是在很早以前，在大學裏並沒有像現在那樣劃分專業，同時，布特列洛夫差不多以同樣的熱情學習了那時所講授的自然科學。

1850年4月，克拉烏斯在系裏提出建議，留布特列洛夫在大學裏，以準備擔任化學教研室的教師。

系裏根據克拉烏斯的提議所作出的決議，從很多方面來說，是極精采的，所以我把它逐字逐句地引在這裏：「系裏，

从自己一方面來看，完全相信，布特列洛夫先生以他自己的學識、才能以及對於科學和化學研究的愛好，將給學校增光；如果環境對他的教學才能有利的話，他將在學術界中享有盛名。由於這樣的信念，系裏認為自己的職責是……請求……不管給予他什麼資格，也要把布特列洛夫請到大學裏來。」

當時曾經執掌喀山學區職務的一位天才數學家勞巴切夫斯基，對於留布特列洛夫在大學裏的這件事，曾這樣寫道：「我認識布特列洛夫是從他在我們大學當學生的時候開始的，我認為物理數學系的願望和理事會請求讓布特列洛夫到大學裏來的申請書，是完全正確的，並且我希望看到他將成為一位有用的教師和合格的學者。」

然而，布特列洛夫留作進修師資（現今稱為研究生）未能得到實現，因為那個時候，克拉烏斯正在休假。所以大學校長提議讓布特列洛夫暫時教醫學系學生物理學和自然地理跟氣候學。勞巴切夫斯基對這個建議同意了。同年9月，布特列洛夫又被委託教物理數學系一年級學生的無機化學。

這樣，剛滿22歲的亞·米·布特列洛夫就開始了教學和科學活動。1850年9月，雖然布特列洛夫擔負着極重的教學工作，而他仍然參加了碩士學位的考試。

1851年初，他向系裏提出了「論有機化合物的氧化作用」的論文，並且成功地獲得了學位。同年3月，年青的學者被提升為化學教研室副研究員，這樣他就成了大學裏的正式教師。

次年，布特列洛夫完成了並且出版了最初的實驗著作，題目為「論鐵酸對有機物的氧化作用」。這個題目當然是克拉烏

斯給他提出的。

1852年，克拉烏斯離開了喀山大學，轉到德爾普特藥劑學教研室。整個講授化學的繁重工作，都是由年青的布特列洛夫擔負。然而，即使在这种負擔很重的情况下，他並沒有中止过科學研究，而在1853年初，他完成了博士學位論文「論香精油」。在這篇論文中，他第一次闡述了他從沼池薄荷植物獲得的新的樟腦化合物。後來證明，布特列洛夫所製取的化合物是屬於烯萜族的胡薄荷酮，當時喀山的化學家們在解釋烯萜族的結構方面是有顯著成就的。這篇著作的意義還在於它奠定了研究我們植物界中天然化合物的基礎。

同年春天，亞·米·布特列洛夫向系裏提出了這篇論文。但是，這篇論文在喀山答辯時沒有通過，這並不足以爲怪，因爲反對者之一年青的物理學教授薩維勒也夫堅決反對。當時亞·米·布特列洛夫就把他的學位論文提到莫斯科大学，並在同年勝利地得以通過。

1854年6月，布特列洛夫被批准爲化學博士，同年秋天被任爲喀山大學副教授；1858年接着就被批准爲正教授。當布特列洛夫獲得這一高級的大學職位時才30歲。

從1857年春天起，亞·米·布特列洛夫忙於出國準備工作。他很快地就被准許到國外去，期限是一年零兩個月。年輕的教授充分地利用了他的出國機會。我們只談這一點就夠了：他幾乎把法國的、德國的、英國的最完善的實驗室都訪問過了。布特列洛夫能流利地講幾國語言，他有很多機會和一些傑出的外國科學家相見，並且跟他們談論當前科學的迫切問題。

在这次旅行中，如果把布特列洛夫所訪問過的實驗室以及

他和各個學者在科學上的接觸詳細地加以列舉，恐怕一頁都寫不完。

布特列洛夫的旅行大部分是在法國度過的，在巴黎一個法國著名的化學家阿·菲佑札的實驗室裏，他進行了極其重要的研究，即乙醇鈉和碘仿作用合成二碘代甲烷。這物質成了布特列洛夫後來許多重要發現的源泉。在巴黎科學院會議上，布特列洛夫自己報告了這個工作的結果。當布特列洛夫留在法國的時候，根據有名的俄國化學家希什柯夫的提議，被選為巴黎化學學會會員。

在法國，這位年輕俄國學者受到化學家們的極大重視和尊敬，例如，從 1953 年著名的法國化學雜誌上的論文「布特列洛夫、古柏勒和巴黎化學會（化學結構理論的歷史或起源的記錄）」來看，這一點是很清楚的。在不久以前所找到的巴黎化學會的記錄冊的材料中記述着這篇論文的内容。

現在我想引証這篇論文中幾個最重要的地方。亞·米·布特列洛夫和蘇格蘭人阿·古柏勒同時在阿·菲佑札的實驗室裏工作。1858 年 2 月 17 日，布特列洛夫在巴黎化學會講述了關於物質結構的理論；而古柏勒可能知道這個理論的主要本質。古柏勒在 1858 年 6 月 23 日（在布特列洛夫報告後 4 個月）向該學會提出他自己新的化學理論。這些事實使得本文作者提出這樣一個問題：「儘管布特列洛夫的報告是不夠完整的，可是布特列洛夫的報告曾否啓發了古柏勒創造他的新的化學理論呢？」就在這些記錄資料裏，有一段很明顯地証明了亞·米·布特列洛夫在巴黎化學會會員中間是怎樣受到大家的愛慕，它這樣寫道：「4 月 21 日學會秘書加利尼鑑於布特列洛夫即將回

國，提議把 1858 年 6 月 4 日学会創立紀念日的聚餐提前舉行，作為對布特列洛夫的餞行。」

當布特列洛夫從國外回到喀山後，首先忙於重新裝備實驗室；隨後，在短期內，發表了許多優秀的著作。

布特列洛夫在 1859 年以二碘代甲烷與醋酸銀作用時得到了甲二醇醋酸酯，而在企圖把酯水解以得到自由的甲二醇時，却得到了新的不知名的化合物，並稱它為「二聚甲醛」。布特列洛夫在 1869 年測定了「二聚甲醛」的蒸氣密度以後，他承認在 1859 年的工作中是有錯誤的，他認為他所得的東西是「三聚甲醛」（事實上是多聚體的混合物，其主要成分為三聚甲醛）。在以亞·米·布特列洛夫為名的科學研究院中保留着幾樣極其寶貴的紀念品，即布特列洛夫所製備的二碘代甲烷和「二聚甲醛」的製劑。



布特列洛夫所製取的二碘代甲烷和「二聚甲醛」等製劑。

同年，布特列洛夫企圖從二碘代甲烷中去掉碘來得到亞甲基的自由基，但未能成功。他所得到的不是亞甲基的自由基，

而是一种具有兩倍分子量的化合物，換言之，他得到的是乙烯。這個「失敗」的實驗至今仍有重大的理論價值。同時，這個實驗毫無疑問地証明了，布特列洛夫在進行實驗研究的時候，也就是在從事於解決有機化學中最複雜的理論問題。

次年，布特列洛夫用氨和「二聚甲醛」作用時得到複雜的含氮化合物，就是所謂環六亞甲基四胺。後來，環六亞甲基四胺（稱為優樂託品）在醫學上被廣泛地用作藥劑，如在流行性感冒，特別是在尿道發炎時用。

布特列洛夫在 1861 年研究石灰水和「二聚甲醛」的作用時，有一個重大發現，即在化學史上首次用人工方法得到有甜味的糖類物質，他稱它為「聚甲醛糖」。在討論這個研究的結果的時候，布特列洛夫光輝地顯示了預見化學科學以後的發展和成就的天才。

在這裏應該請大家注意，「聚甲醛糖」的合成是布特列洛夫在碳水化合物化學，尤其是糖類物質化學萌芽時期完成的。

一般的化學家們雖然也很幸運地跟着布特列洛夫完成了「聚甲醛糖」的合成，但他們僅限於証實這一事實，就是製得了一種甜的、成分未確定的、不知名的物質（更確切地說，就是混合物）。

亞·米·布特列洛夫在考慮他的研究結果時，剛好相反；他曾用這樣富有先見之明的詞句結束他的關於這工作的報告：「無論如何，製取『聚甲醛糖』是一件重大的事情。這是最簡單的有機化合物製成具有糖類物質性質的創舉，如果我們注意下一系列的變化，那麼可發現這些變化的起點就是乙醇，這就是說，這些糖類物質甚至能由元素來形成。因此，這

是第一次真正地合成了糖類物質。」

爲了对布特列洛夫這個結論和預言充分地加以評價，我們應該再補充幾句：很久以後，德國的有名化學家費歇爾的著作証明，「聚甲醛糖」含有大量的 α -合成甘糖。

費歇爾關於這一點寫道：「因此，首先利用石灰乳从多聚甲醛製成糖類物質的光榮無疑應屬於布特列洛夫。」

布特列洛夫的初期科學活動的大致情況就是這樣。這些科學活動的成果及其在科學和實踐上的意義是如此的光輝而偉大，以致這些工作的一部分就足以把布特列洛夫的名字永遠記載在化學史的篇幅上。

然而，當我們知道布特列洛夫以後的化學工作時，就可以看出：剛才列舉的那些科學成就僅僅是他的廣泛的、卓越的活動的開端而已，而他以後的活動在化學科學發展中是標誌着新階段和新紀元的。

* * * * *

19世紀60年代末，當亞·米·布特列洛夫在化學舞台上出現的時候，西方的化學科學的情況可以簡述如下。

在上世紀六十年代前很長時期內，化學家們曾積累了大量的實際材料，但這些材料沒有被某種共同的思想或理論所統一起來。

19世紀初葉，台維——貝齊里烏斯的電化學學說在化學家中間完全佔着統治地位。

根據貝齊里烏斯的學說，每個化學化合物都可以分成兩部份：一部份是陽電，另一部份是陰電。按照這種說法，貝齊里烏斯把所有的元素排列成一排，氧氣算是帶陰電最多的元素；而

鉀算是帶陽電最多的元素。貝齊里烏斯把帶陰電最多的元素稱為非金屬元素，而把帶陽電最多的元素稱為金屬元素。

我們可以認為，電化學理論或者說成二元論的理論包括了所有當時已知道的化學化合物的種類。

在30年代，法國化學家裘馬的著作給台維——貝齊里烏斯的理論以打擊。當時發現，在某些有機化合物裏，譬如在醋酸裏，氫很容易被陰電的氯所取代，而化合物的整個性質沒有很大的變化。

裘馬根據許多已發現的並且和上述變化相似取代反應，提出了自己關於有機化合物的類型論來對抗貝齊里烏斯的理論。他斷言，與其說是複雜物質的本性，毋寧說是複雜物質中原子的分佈情況和類型的相同決定着化合物的化學性質。然而，裘馬的見解很快地也遇到了一系列的困難和矛盾。

法國化學家，熱拉爾和勞倫的所謂統一系統或統一論，在基本化學概念的發展方面，向前跨進了一大步。這個理論最重要的特點，就在於熱拉爾和勞倫把關於化學質點（分子）和化學基的新學說應用到化合物上。

關於質點（分子）、原子、當量的概念的區別，是勞倫和熱拉爾的功績。

這裏雖然不加詳細說明，也應該指出，在很多情況下，這個統一論證明電化學理論或二元論不能運用到化合物上面。

然而，引起西歐權威化學家們之間的強烈爭論的原則問題，是關於能否以方程式表示出化合物的結構的問題。

著名的法國化學家別傑洛支持這方面最反動的見解，他不承認有原子，而且認為原子的概念是有害的，阻礙科學發展

的。在他的研究中，他独特地運用了当量。

有時人們称为偉大的化学改革者的熱拉爾漸漸相信，只有当物質變化的時候，也就是說当物質不再是原來的樣子時候，化学現象才發生。因此，像熱拉爾所說的，我們只能知道反应前和反应後的物質，因而化学方程式不能表示出原子分佈的情況，而僅僅能表示出已知的類似的物質。按照剛才提到的熱拉爾的說法，每种物質能有多少种變化，就能寫出多少個合理的方程式。

在物質結構的概念的發展中，關於同分異構體存在的可能性的問題，即關於具有同一組成而不同物理和化学性質的物体的問題，是一個非常重要的因素。

化学家們在事实的面前不得不承認：同分異構現象是存在的，儘管这与貝齊里烏斯原來的看法相抵觸。

从另一方面看，類型論和取代論往往導致完全不正確的結論。例如，把乙烷当作氫的衍生類型來看，乙烷就有兩個同分異構體：取代一個氫的（氫化乙烷）和取代二個氫的（二甲烷）。馬克思和恩格斯的朋友蕭列米爾僅用實驗的研究就証明，氫化乙烷和二甲烷是同一個化合物。但是，蕭列米爾从乙烷沒有異構現象的事实出發，却陷入了另一極端，並且錯誤地認為所有的碳氫化合物都沒有同分異構現象（註）。

原子價的學說是第二個階段，這個學說曾使化学家們接近於提出有机化合物結構的問題，並且接近於解決這問題。

確立這個概念的榮譽是屬於英國化学家佛蘭克林。他在1852年確認，「化合物中的元素的親和力（也就是飽和的能力），總是為和它相化合的同樣的原子數所滿足，而和原子的

化学性質無關。」

佛蘭克林最早把這個重要規律应用在無机和有机化合物上——氮、磷、砷、銻、錫的衍生物。後來德國化学家高勒柏在 1857 年把佛蘭克林的思想引用到碳方面；並且認為它是四原子價的元素，同時假定了碳的兩原子價的情形，例如在一氧化碳裏，甚至有三原子價的情形。

德國化学家凱庫萊並未受高勒柏的影响，於 1857 年也肯定了碳原子是四價原子；並得出甲烷和四氯化碳的化学式，做為最簡單的例子。

後來，在 1858 年，凱庫萊又前進了非常重要的一步。他把四價碳原子的假設引伸到含有若干個碳原子的化合物上，這樣一來，他對多碳原子的化合物就得出了碳原子的鏈狀聯結的概念。

凱庫萊的聯結規則隨後又擴大到碳原子与其他多原子元素如与氧氣、氮氣等等相化合的情況上面。

後來，凱庫萊遇到了有机化合物結構問題和从原子價來研究化合物本質的問題，但是，他在这方面未曾做出決定性的步驟。

於是，凱庫萊在 1858 年的論文末尾寫道：「最後，我認為有必要指出，我自己對於這種討論（即關於結構問題的討論——原作者）僅予以次等重要的意義。」

後來，凱庫萊仍舊在很長時期內处在熱拉爾思想的統治下，並在出版於 1859 到 1861 年的、他的有名的有机化学教本中，廣泛地使用了合乎熱拉爾思想的「合理」式子。

下面的例子可以證明以上所說的。凱庫萊給乙醛提出了四

個式子，給丙酮同樣提出了四個式子，而對幾個非常難懂的以元素的原子價為基礎的結構式，在他的教本中才當作例外。

幾乎和上述的凱庫萊的論文同時，青年的英國化學家古柏勒用三國文字發表了以「新的化學理論」為題目的文章。古柏勒並未受凱庫萊的影響，得出了關於必須以元素原子價概念出發，深入了解化學化合物的結構及其變化的結論。在論文裏，他寫了許多典型的結構式，這些結構式與現今的有機化合物結構式很相似。

但是，在論文裏，也有許多不正確的式子，例如草酸甘油等的式子。

亞·米·布特列洛夫非常注意西方科學思想的發展。他認為對於古柏勒新的化學理論提出批評（在 1858 年）是必要的。

古柏勒的科學活動突然中斷了，他不能出版他所約定的關於化合物結構問題的第二篇論文。

，在古柏勒的論文發表了很久以後，德國物理學家勞斯密特的論文出版了。在這篇論文裏，他根據純粹的推斷，引証了大量的像勞斯密特所說的「圖解的有機化學結構式」。在這很多的細緻的圖解結構式子裏，有不少不正確的式子，例如苯的式子等。

應特別指出，古柏勒和勞斯密特絲毫不依據合成化學方面所積累的許多材料，也不以任何新的實際數據去証實，而純粹憑臆測的方法來描摹有機化合物的結構的企圖，幾乎沒有引起注意。因此，在有機化合物的結構問題的發展上，或者更廣泛地說在化學化合物的結構的發展上，沒有發生而且也不可能發生任何影響。

这就是我所簡略叙述的上一世紀60年代末在化学方面理論觀點的大概情况。

簡單地歸納起來說，幾位傑出的西方化学家的工作，首先是古柏勒、凱庫萊、高勒柏等，对有机化学的進一步發展創立了一個新的開端，但沒有獲得顯著的結果。無論在有机化学教学方面，或者是在實驗室研究方面，仍舊是按照熱拉爾的体系。然而化学發展中的新階段已在臨近，需要布特列洛夫的天才奮勇地把科学向前推進。

但是，不應該認為像我所說的那樣布特列洛夫很容易地獲得了成就。还在 1858 年，从第一次國外旅行回來以後，布特列洛夫給学生講授过按照熱拉爾体系所寫的有机化学課程。可是到 1858 年末，布特列洛夫在「对古柏勒新的化学理論的意見」的論文裏，就談到「比熱拉爾走得更遠的時間 來到了。」到 1860 年，亞·米·布特列洛夫在給学生授課的時候，就開始謹慎地引用了化学結構理論的基本原則。熱拉爾的觀念就讓到次要地位了。

當時是布特列洛夫創作力非常旺盛的時候。在短短的時間內，布特列洛夫由一個青年的省立大学的教授變成了最著名的進步科学家了。和西歐的科学家相反，他全面地、異常明確地規定了理論化学的当前任務和它們可能解決的方法。

布特列洛夫的理論概念具有十分完美的形式，並且他以爲有必要和西歐科学家們交換一下自己的新的觀點。布特列洛夫克服了困难，得到第二次出國的机会，1861 年他又去訪問了歐洲最著名的科学中心。

假如布特列洛夫第一次國外旅行曾以一位毫不出名的青年